鄂西南国家级自然保护区群——苔藓植物多样性保护的重要场所

洪柳[1,2]，余夏君[2,3]，吴林[1,2*]，牟利[1,2]，李小玲[1,2]，王涵[1,2]

（1. 生物资源保护与利用湖北省重点实验室，湖北 恩施 445000；2. 湖北民族大学 林学园艺学院，湖北 恩施 445000；3. 重庆三峡学院，重庆 万州 404020）

摘要：鄂西南地区密集分布有后河、木林子、七姊妹山和星斗山四大国家级自然保护区，共同形成了一个珍稀动植物大体相近，互相补充的保护区群。同时，该区域丰富的地貌类型和水气资源为苔藓植物营造了良好的居住环境。本文采用野外调查和文献资料整理相结合的方法，对鄂西南国家级自然保护区群内的苔藓植物丰富度和组成特征进行分析，并与渝东南、湘西北的苔藓植物多样性进行比较。结果表明：鄂西南国家级自然保护区群共有苔藓植物77 科 197 属 601 种，物种数分别占中国和湖北苔藓总数的 19.89%和 71.46%。其中，中国特有种 27 种，仅含一种的科有 15 科，仅含一种的属有 91 属。另外，鄂西南国家级保护区群内的各保护区之间的苔藓物种存在一定的相似性与互补性，符合我国生物多样性保护原则。同时，鄂西南国家级自然保护区群苔藓植物区系类型全面，物种数量也显著高于同处武陵山区的渝东南、湘西北等地区。因此，鄂西南国家级自然保护区群不但有效地保护了大型珍稀濒危动植物，也孕育了丰富多彩的苔藓植物类群，是苔藓植物多样性保护的重要场所。

关键词：鄂西南，国家级自然保护区群，苔藓植物，保护，生物多样性

中图分类号：Q948.5　　　　**文献标识码**：A

National nature reserve group in Southwest of Hubei——An important place for the protection of bryophyte diversity

HONG Liu[1,2], YU Xiajun[2,3], WU Lin[1,2*]，MOU Li[1,2], LI Xiaoling[1,2], WANG Han[1,2]

基金项目：国家自然科学地区基金（41867042）；湖北省“双一流”建设专项资金(2019)
[Supported by the National Natural Science Foundation of China（41867042）; the Natural Science Foundation of Hubei Province(2019)]。

作者简介：洪柳(1994-)，女(土家族)，湖北鹤峰人，硕士研究生，主要从事苔藓植物分类研究，(Email)1093025213@qq.com。
***通信作者**：吴林，讲师，主要从事苔藓植物多样性及其生态功能研究，(Email)wulin20054557@163.com。

(1. *Hubei Key Laboratory of Biological Resources Protection and Utilization*, Enshi 445000, Hubei, China; 2. *College of Forestry and Horticulture*, *Hubei Minzu University*, Enshi 445000, Hubei, China；3. *Chongqing Three Gorges University*, Wanzhou 404020, Chongqing, China)

Abstract: In the Southwest of Hubei Province, there are four national nature reserves, namely Houhe, Mulinzi, Qizimeishan and Xingdoushan. Together they form a interconnecting protected area in which rare animals and plants are similar and complementing each other. At the same time, its rich landform types and water resources created an excellent living environment for bryophytes. This paper used the method of combining field investigations and published records to analyze the species richness and composition of bryophytes in these national nature reserves of Southwest Hubei, and to compare the diversity of bryophytes with those in Southeast Chongqing and Northwest Hunan. The results showed that there were 601 species of bryophytes of 197 genera and 77 families in the national nature reserve group of Southwest Hubei, accounting for 19.89% and 71.46% of the total number of bryophytes in China and Hubei, respectively. Among them, 27 species are endemic to China, 15 families and 91 genera have only one species each. In addition, there are some similarities and complementarities among bryophytes in the four national nature reserves within the national nature reserve group, it conforms to the principle of biodiversity conservation in China. At the same time, the bryophyte flora compositions in the national nature reserve group in Southwest Hubei are diverse, and the number of bryophyte species is significantly higher than that in Southeast Chongqing and Northwest Hunan. Therefore, the national nature reserve group in Southwest Hubei not only effectively protects large-sized rare and endangered plants and animals, but also nurtures a rich and diverse bryophyte flora, thus an important area for of the conservation bryophyte diversity.

Key words: Southwest of Hubei, national nature reserve group, bryophytes, protection, biodiversity

生物多样性是生物及其环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的综合(蒋志刚, 1997)，研究生物多样性对于生物多样性保护具有重要意义，而开展生物多样性保护一般是就地保护和迁地保护。而普遍认为，生境的“就地保护”是生物多样性保护最为有力和最为高效的保护方法。就地保护措施就是建立自然保护区，通过对自然保护区的建设和有效管理，从而使生物多样性得到切实的人为保护。然而，生物多样性的保护多关注大型维管植物，有关苔藓多样性保护的研究少之又少。事实上， 苔藓是仅次于被子植物的第二大植物类群，是生物多样性保护的重要组成部分，且有涵养水源、防止水土流失、监测空气污染状况等生态功能。另外，苔藓植物个体矮小，属于变水植物，其多样性分布格局不同于维管植物(Geffert

et al., 2013; Mõls et al., 2013)，受微环境影响更大。因此，有必要研究关键地域苔藓多样性，确定苔藓多样性保护的优先区域，提升苔藓多样性保护可操作性。

鄂西南是我国生物多样性研究热点地区之一，也是保障区域生态安全的关键地域(中华人民共和国环境保护部，2011)，且建设有以共同保护珙桐(*Davidia involucrata*)、钟萼木(*Bretschneidera sinensis*)、连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)等珍稀孑遗植物为主体的国家级自然保护区群。前期研究发现，鄂西南国家级保护区中常见有苔藓植物悬挂或附生树木上，单位面积苔藓种类十分丰富（马俊改，2006；杨志平，2006；余夏君等，2019）。并且，2019年 Fu 等（2019）对鄂西南的清江流域古生物学进行了研究并提出“清江生物群”的概念，证实在 5.18 亿年前该区域就是生物多样性的热点地区。因此，我们推断鄂西南是苔藓多样性分布的核心地区之一，该区域内的国家级自然保护区能够较好地保护苔藓多样性。同时，该研究有助摸清整个鄂西南保护区群的苔藓植物组成，有利于整个保护区群的生物多样性体系建设。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

鄂西南是湖北省西南板块突出来的一角，并与重庆东部、湖南的西北角相毗邻，是云贵高原植物向东过渡和亚热带植物区系向北过渡的交汇地，也是东亚亚热带植物区系成分分布的核心地区。同时，该区域是华中地区植物种类最多、最集中的地方，被称为“天然植物园”和“种质基因库”，并有鄂西林海之称。该地区由于它的明显生物价值和固有的生态价值，被排列在自然保护区发展的优先地区。该地区自东向西密集分布有木林子国家级自然保护区、七姊妹山国家级自然保护、星斗山国家级自然保护区、后河国家级自然保护区以及许多重要的自然保护小区，形成了一个巨大的野生植物大体相近，互相补充，野生动物相互迁移的自然保护区群(图 1)。该区域山峦密布，沟壑纵横，水热同期，不仅为野生动植物创造了良好的生长环境，也孕育了丰富多彩的苔藓物种。

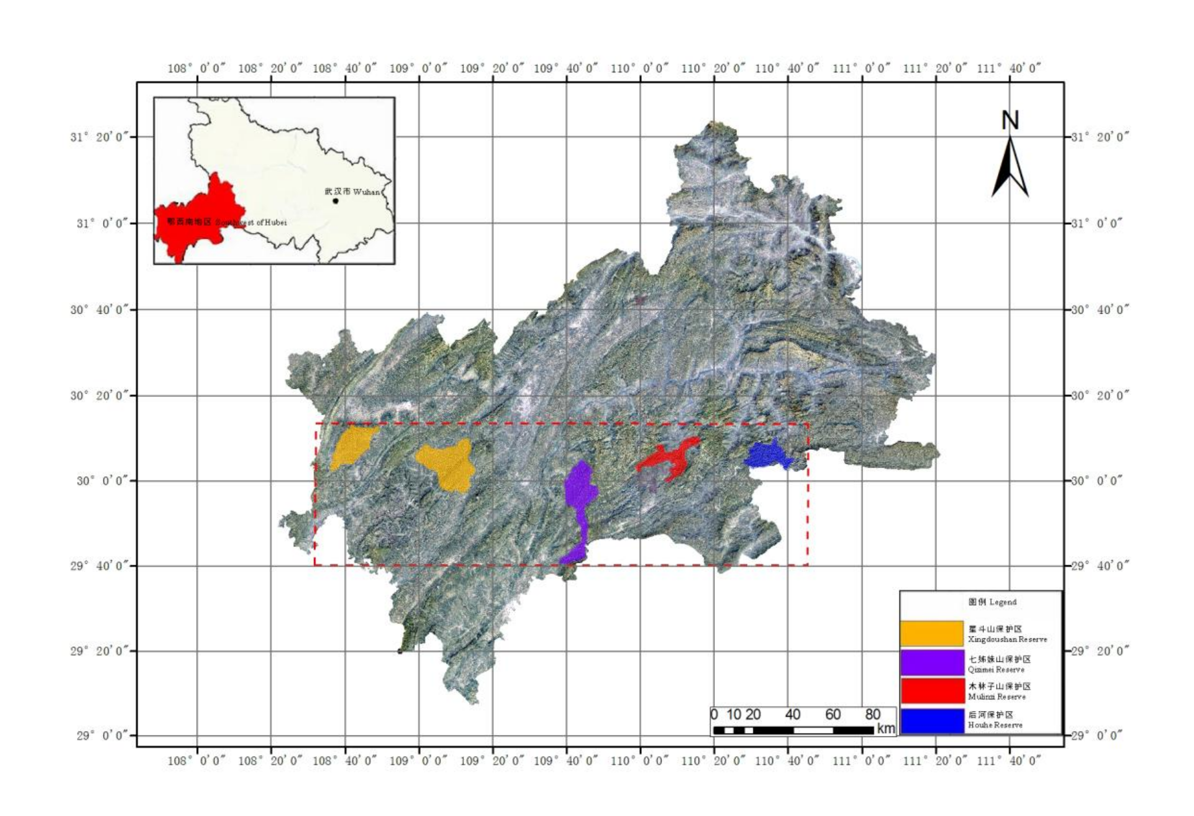


图 1 鄂西南国家级自然保护区群地理位置

Fig.1 Geographical location of national nature reserve group in Southwest of Hubei

1.2 数据来源与分析

本研究采用野外调查以及文献分析相结合的方法研究鄂西南国家级自然保护区群苔藓植物资源。2016 年-2019 年间，我们先后对木林子国家级自然保护区(109°59'30″—110°17'58″ E、29°55'59″—30°10'47″ N)、七姊妹山国家级自然保护区(109°38′30″—109°47′00″ E、29°39′30″—30°05′15″ N)后河国家级自然保护区(110°29′25″—110°40′45″ E、30°02′45″—30°08′40″ N)苔藓植物资源进行了野外调查，然后利用《中国苔藓志》(黎兴江，2000，2006；吴鹏程，2002，2011；胡人亮和王幼芳，2005；高谦，2003，2008)、《中国苔藓植物名录》(贾渝和何思，2013)等参考工具书，进行苔藓物种的分类鉴定，且部分结果已发表在《浙江农林大学学报》(余夏君等，2019)。同时，整理已发表的后河保护区与星斗山保护区(108°57′~109°27′ E、29°57′—30°10′ N; 108°31′—108°48′ E、30°04′—30°14′ N)苔藓物种数据(彭丹，2003；王小琴，2006；马俊改，2006)。参照文献对所有苔藓植物学名、异名和分类系统进行统一处理(贾渝和何思，2013)，并参照《中国高等植物受威胁物种名录》确定受威胁苔藓植物(覃海宁等，2017)。

另外，运用 Origin 2018(OriginLab Cor, USA)绘制韦恩图，并计算四个自然保护区苔藓植物相似性。区域相似性系数计算公式为：Sperensen 相似性系数 $= 2c / (a + b) \times 100\%$。式中：$a$ 为地区 A 苔藓植物的种数、属数和科数；b 为地区 B 苔藓植物的种数、属数和科数；c 为地区 A 和 B 苔藓植物的共有种数、共有属数和共有科数（张元明等，2002；Zhang YL & Zhang XM, 1998）。

2 结果

2.1 物种丰富度与相似性

鄂西南保护区群共有苔藓植物 77 科 197 属 601 种，其物种数分别占湖北省苔藓物种总数的 81.05%、74.06%和 71.46%（刘胜祥等，1998；田春元等，1998；田春元和刘胜祥，1998；刘双喜等，2001；彭丹，2003；吴展波等，2003；姚发兴和洪文，2003；马俊改等，2005，2006；王小琴，2006；项俊等，2006；胡章喜，2007；洪文，2007，2008；Li FX et al., 2011；范苗等，2017；余夏君等，2018），占中国苔藓植物(贾渝和何思，2013)总数的 51.33%、33.33%和 19.89%。其中，木林子国家级自然保护区有苔藓植物 66 科 121 属 292 种，七姊妹山保护区有苔藓植物 70 科 136 属 285 种，后河保护区有苔藓植物 36 科 91 属 194 种，星斗山保护区有苔藓植 32 科 88 属 226 种(图 2)。

进一步综合统计发现四大保护区共有种 30 种，多为白发藓(*Leucobryum glaucum*)、东亚小金发藓(*Pogonatum inflexum*)、卷叶凤尾藓(*Fissidens dubius*)等常见种。两者共有种中，七姊妹山保护区和木林子保护区共有种最多，共 166 种，占保护区群苔藓植物总种数的 27.62%；七姊妹山保护区和后河保护区共有种最少，仅 63 种，占保护区群苔藓植物总种数的 10.48%。另外，各个保护区独有种也较多，后河保护区独有种 77 种,如短颈小曲尾藓(*Dicranella cerviculate*)、鞭枝疣灯藓(*Trachycystis flagellaris*)、绿锯藓(*Duthiella wallichii*)、斑叶细鳞苔(*Lejeunea punctiformis*)等，主要集中在海拔 1200 m 以上区域，占保护区群苔藓植物总种数的 12.81%；木林子保护区独有种 80 种,如透明凤尾藓(*Fissidens hyalinus*)、树藓(*Pleuroziopsis ruthenica*)、泛生丝瓜藓(*Pohlia cruda*)、囊绒苔(*Trichocolea sacculata*)等，主要集中在海拔 1 000~1 500 m 的范围内，占保护区群苔藓植物总种数的 13.31%；七姊妹山保护区独有种 88 种，如小墙藓(*Weisiopsis plicata*)、柳叶藓(*Amblystegium serpens*)、树形羽苔

(*Plagiochila arbuscula*)、假苞苔(*Notoscyphus lutescens*)等，主要集中在海拔 1 000 m 以上的范围内，占保护区群苔藓植物总种数的 14.64%；星斗山保护区独有种 88 种，如马氏曲尾藓(*Dicranum mayrii*)、毛叶梳藓(*Ctenidium capillifolium*)、日本光萼苔(*Porella japonica*)、盔瓣耳叶苔(*Frullania muscicola*)等，主要集中在 600~1 200 m 的范围内，占保护区群苔藓植物总种数的 14.64%。由此可见，鄂西南各大保护区内的苔藓物种既有一定的相似性，也有很强的互补性。

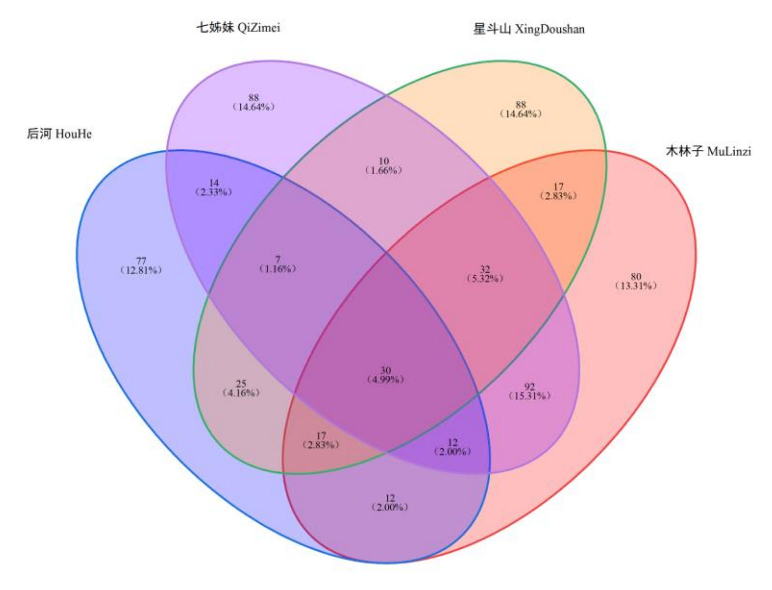


图 2 鄂西南国家级自然保护区群苔藓物种韦恩图

Fig.2 Venn diagram of bryophyte species in national nature reserve group in Southwest of Hubei

另外通过采用 Sprenson 公式计算不同地区成分间的相似性。物种相似性系数越大，表明物种起源、性质相似程度越高。通过表 1 可得知，木林子保护区和七姊妹山保护区属和种的相似性都是最高的，共有科也是最多的。后河保护区和星斗山保护区在共有科上最少；后河保护区和木林子保护区的属相似性系数最低；后河和七姊妹山保护区的种相似性系数最低。

表1 鄂西南保护区群苔藓植物组成及相似性比较

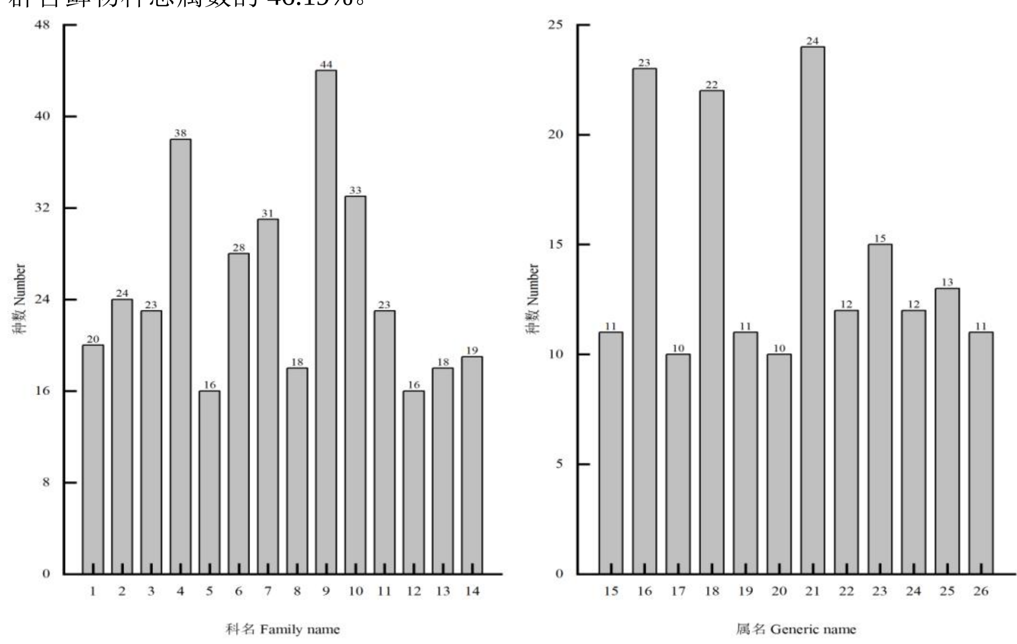
Table 1 Comparison of composition and similarity of bryophytes in national nature reserve group in Southwest of Hubei

地区 Area	共有科数 No. of shared famililes	共有属数 No. of shared genera	属相似性指数 Similarity index of genera (%)	共有种数 No. of shared species	种相似性指数 Similarity index of species (%)
后河 & 木林子 HouHe & MuLinzi	22	47	22.17	71	14.61
后河 & 七姊妹 HouHe & QiZimei	30	52	22.91	63	13.15
后河 & 星斗山 HouHe & XingDoushan	21	47	26.40	79	18.81
木林子 & 七姊妹 MuLinzi & QiZimei	59	97	37.74	166	28.77

木林子 & 星斗山 MuLinzi & XingDoushan	40	57	27.27	96	18.53
七姊妹 & 星斗山 QiZimei & XingDoushan	39	62	27.68	79	15.46

2.2 组成特点

从科的组成上看，鄂西南保护区群苔藓物种数大于 15 种的优势科有 14 科共 351 种，占该地区苔藓植物总数的 58.5% (图 2)。从属的组成上看，鄂西南保护区群的苔藓物种数大于 10 种的优势属有 12 属共 174 种，占该地区苔藓植物总数的 29% (图 2)。仅含一种的科有 15 科，占鄂西南保护区群苔藓物种总科数的 19.48%, 仅含一种的属有 91 属，占鄂西南保护区群苔藓物种总属数的 46.19%。



1. 金发藓科；**2**. 白发藓科；**3**. 凤尾藓科；**4**. 丛藓科；**5**. 珠藓科；**6**. 真藓科；**7**. 提灯藓科；**8**. 薄罗藓科；**9**. 青藓科；**10**. 蔓藓科；11. 灰藓科；**12**. 绢藓科；**13**. 平藓科；**14**. 细鳞藓科；**15**. 曲柄藓属；**16**. 凤尾藓属；**17**. 泽藓属；**18**. 真藓属；**19**. 提灯藓属；**20**. 棉藓属；**21**. 青藓属；**22**. 灰藓属；**23**. 绢藓属；**24**. 合叶苔属；**25**. 羽苔属；**26**. 光萼苔属。

1. Polytrichaceae; **2.** Polytrichaceae; **3.** Fissidentaceae; **4.** Fissidentaceae; **5.** Fissidentaceae; **6.** Bryaceae; **7.** Mniaceae; **8.** Leskeaceae; **9.** Brachytheciaceae; **10.** Meteoriaceae; **11.** Hypnaceae; **12.** Entodontaceae; **13.** Neckeraceae; **14.** Lejeuneaceae; **15.** *Campylopus*; **16.** *Fissidens*; 17. *Breutelia;* **18.** *Bryum;* **19.** *Mnium*; **20.** *Plagiothecium*; **21.** *Brachythecium*; **22.** *Hypnum*; **23.** *Enotodon*; **24.** *Ssapania*; **25.** *Plagiochila*; **26.** *Porella*.

图 3 鄂西南保护区群苔藓优势科和优势属

Fig. 3 Dominant families and dominant genera of bryophytes in national nature reserve group in Southwest of Hubei

2.3 中国特有种

鄂西南保护区群共有 26 种中国特有苔藓植物（表 2），占中国苔藓植物总数的 0.08%。其中，木林子保护区分布有 11 个中国特有种，七姊妹山保护区分布有 13 个中国特有种，后河保护区分布有 12 个中国特有种，星斗山保护区分布有 9 个中国特有种。

表 2 鄂西南国家级自然保护区群中国特有苔藓植物

Table 2 Bryophytes are endemic to China in national nature reserve group in Southwest of Hubei

序号 No.	种名 Species	序号 No.	种名 Species
1	半齿仙鹤藓 *Atrichum semisserratum*	2	拟牛毛藓 *Ditrichopsis gymnostoma*
3	短齿牛毛藓 *Ditrichum brevidens*	4	毛叶青毛藓 *Dicranodontium filifolium*
5	剑叶对齿藓 *Didymodon rufidulus*	6	尖叶对齿藓芒尖变种 *Didymodon constrictus* var *flexicuspis*
7	拟丛净口藓 *Gymnostomum anoectangioides*	8	卷叶毛口藓 *Trichostomum hattorianum*
9	兜叶黄藓 *Distichophyllum meizhiiae*	10	台湾棉藓 *Plagiothecium formosicum*
11	偏叶麻羽藓 *Claopodium rugulosifolium*	12	多枝青藓 *Brachythecium fasciculirameum*
13	扁枝青藓 *Brachythecium planiusculum*	14	羽枝美喙藓 *Eurhynchium longirameum*
15	细肋细喙藓 *Rhynchostegiella leptoneura*	16	云南灰气藓 *Aerobryopsis yunnanensis*
17	疣突蔓藓 Meteorium *elatipapilla*	18	变枝绢藓 *Entodon divergens*
19	贡山绢藓 *Entodon kungshanensis*	20	中华绢藓 *Entodon smaragdinus*
21	四川拟蕨藓 *Pterobryopsis setschwanica*	22	延叶平藓 *Neckera decurrens*
23	疏叶叶苔 *Jungermannia sparsofolia*	24	高氏合叶苔 *Scapania gaochii*
25	柯氏合叶苔 *Scapania koponenii*	26	尾尖光萼苔 *Porella handelii*
27	广西毛耳苔 *Jubula kwangsiensis*		

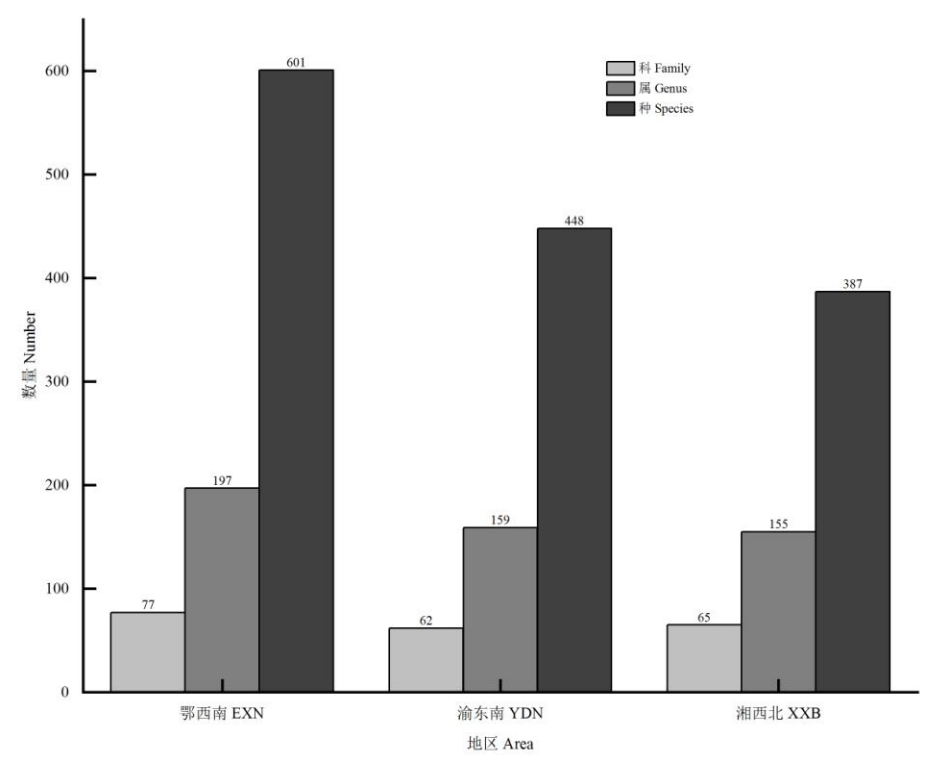
2.4 受威胁物种

鄂西南保护区群境内共有受威胁苔藓植物 2 种，分别是密枝灰藓(*Hypnum densirameum*)和疣卷柏藓(*Racopilum convolutaceum*)。其中，密枝灰藓主要分布在木林子国家级自然保护区，集中生长于海拔 1 150 m 左右的林间小道；疣卷柏藓(*Racopilum convolutaceum*)主要分布在七姊妹山国家级自然保护区，且多生活在海拔 840 m 左右的岩石土坡上。其它物种虽然受威胁较小，但也面临生境破碎化和人工开采的影响，如泥炭藓（*Sphagnum palustre*）和白发藓（*Leucobryum glaucum*）。

2.5 鄂西南保护区群与渝东南、湘西北比较

鄂西南邻近渝东南和湘西北(熊源新，2007)，三地都处于我国第二阶梯和第三阶梯的过渡地带，同属武陵山区，并且在地理环境与气候等方面都十分相近。通过对三者的苔藓植物比较，发现鄂西南的苔藓植物种类远多于其它两地，且在科、属、种上都占有明显优势(图 4)。可见鄂西南保护群的苔藓植物丰富度十分的大，是武陵山区苔藓物种多样性分布的核心地区。同时，根据科属种的比值高低判断物种分化程度，比值越高，分化程度越高；比值越低，分化程度越低（刘经伦等，2016）。比较发现，鄂西南、渝东南和湘西北苔藓植物科属种分化比例分别为1∶2.53∶7.72、1∶2.56∶7.87、1∶2.38∶5.95。鄂西南和渝东南呈现的

是“科少种多”，苔藓物种相对年青和新生的性质；湘西北呈现的是“科多种少”，较为古老和保守的特点。



鄂西南 EXN. 湖北西南部；**渝东南 YDN**. 重庆东南部；**湘西北 XXB**. 湖南西北部。

鄂西南 EXN. Southwest of Hubei; **渝东南 YDN**. Southeast of Chongqing; **湘西北 XXB**. Northwest of Hunan.

图 4 鄂西南保护区群与渝东南、湘西北苔藓植物相比较

Fig. 4 Comparison of bryophytes in Southwest of Hubei and Southeast of Chongqing and Northwest of Hunan

3 讨论

根据近年来野外调查数据和文献资料，分析了鄂西南保护区群的苔藓植物物种丰富度和组成差异，结果表明鄂西南保护群内的苔藓植物物种数分别占中国苔藓植物总数和湖北省苔藓植物总数的 19.89%和 71.46%，极大地丰富了湖北省苔藓植物类群。鄂西南仅占湖北省面积的 12.91%，其物种数却占了湖北省的三分之二以上，苔藓物种丰富度大于神农架林区，成为全省苔藓多样性最高地区(刘胜祥等，1999)。另外，鄂西南保护区苔藓物种组成中优势科有 14 科，共 351 种，占鄂西南苔藓植物总种数的 58.5%；优势属有 12 属，共 174 种，占鄂西南苔藓植物总种数的 29%。由此可见，鄂西南保护区群苔藓植物优势科明显。但是，仅含一种的科、属也较多，且含一定量的中国特有种，证明鄂西南保护区群的苔藓物种具有典型性和特有性。

另外，根据 Sprenson 公式比较了鄂西南保护区群内部四个保护区的相似性，在科属种的相似性系数上四者都较为接近，这是因为四个保护区在气候环境和地理位置上都十分接近。但是，四者的相似性系数也有区别，木林子保护区和七姊妹保护区的相似性系数最高，后河保护区和木林子保护区的属相似性系数最低；后河和七姊妹山保护区的种相似性系数最低。从地理位置上看，木林子和七姊妹山保护区距离较近，且两者之间有连片分布的亚高山，类似于一个天然的物种交流通道，所以两者在属和种的相似性系数最高；后河和星斗山在距离上最远，但是两者的种相似性系数却较高。我们进一步探讨，发现后河和星斗山的年均温十分接近，后河年均温 13.1 ℃，星斗山的年均温为 12.7 ℃，且后河和星斗山都是以第三纪

孑遗珍稀濒危植物分布群落为典型特征的植被类型，优势植物十分相似(黄升等，2016；王业清，2017)。同时，后河和星斗山的山体坡度均较大。研究表明，温度、植被类型和坡度均能够显著改变苔藓物种组成结构和多样性（Woodward, 1987；田晔林等，2013；Cecilia et al., 2020）。因此，后河与星斗山物种相似性较高可能与以上环境有关。整体上，鄂西南保护区群内部的四个保护区既有一定的区域气候共性，也有微环境、微气候的差别，这恰恰为苔藓生长营造了多样的环境，从而适合不同类型苔藓生长。

鄂西南紧邻渝东南和湘西北，这三个区域在地理位置上较为接近，且是我国苔藓植物现代多度中心之一(熊源新，2007)。但与两地比较发现，鄂西南保护群地区苔藓植物物种丰富度显著高于两地。可见，鄂西南是武陵山区苔藓物种多样性分布的核心地区。而经过对三个区域苔藓物种科属种的分化比值对比，鄂西南和渝东南呈现的是一种相对年青和新生的特点，湘西北呈现的是较为古老和保守的特点，这可能是前两者由于地质的剧烈运动变化而造成的（周世卿等，2010；赵瞻，2010），在地理位置上，鄂西南和渝东南更为靠近横断山脉，地质变化对它们的影响较大。

总之，鄂西南保护区的建设初衷以保护北亚热带山地森林生态系统和珙桐、钟萼木、连香树等珍稀维管植物为目的，且研究发现在同一区域保护 90%的维管植物仅能同时保护 65%的苔藓植物（Pharo et al., 2000）。但是，鄂西南保护区群内丰富的地貌特征与微气候，十分符合苔藓植物生长的要求，我们的研究结果也充分证明了该区域苔藓物种多样性之高，其物种数远高于相邻的渝东南和湘西北。并且，鄂西南保护区之间苔藓物种具有相似性与互补性，各保护区独有现象十分明显，表明保护区群的建设既有效地保护了苔藓物种多样性，又有利物种间交流，十分符合我国生物多样性保护原则。因此，该保护区群不仅为野生动植物创造了良好的生长环境，也孕育了丰富多彩的苔藓物种，是苔藓植物多样性保护区的重要场所。

参考文献：

CECILIA C, ENRICO T, FRANCESCO P, et al., 2020. Drivers of distance-decay in bryophyte assemblages at multiple spatial scales: Dispersal limitations or environmental control[J]. J Veg Sci, 31: 293-306.

FANG M, WU YP, HU RG, et al., 2017. Diversity and distribution of bryophytes and their relation ship with environmental factors in wuhan[J]. Plant Sci J, 35(6): 825-834. [范苗，伍玉鹏，胡荣桂，2017. 武汉市城区苔藓植物多样性和分布及与环境因子的关系[J]. 植物科学学报，35(6)：825-834.]

FU DJ, TONG GH, DAI T, et al., 2019. The Qingjiang biota—A Burgess Shale-type fossil Lagerstätte from the early Cambrian of South China[J]. Science, 363(6433): 1338-1342.

GAO Q, 2003. Moss Flora of China, (Vol.9)[M]. Beijing: Science Press. [高谦，2003. 中国苔藓志(第九卷)[M]. 北京：科学出版社.]

GAO Q, 2008. Moss Flora of China(Vol.10)[M]. Beijing: Science Press. [高谦，2008. 中国苔藓志(第十卷)[M]. 北京：科学出版社.]

GEFFERT JL, FRAHM JP, BARTHLOTT W, et al., 2013. Global moss diversity: Spatial and taxonomic patterns of species richness[J]. J Bryol, 35(1): 1-11.

HONG W, 2007. A study on bryphytarum communities in Huangshi[J]. J Norm Univ (Nat Sci Ed), 27(1): 31-34. [洪文，2007 黄石地区苔藓植物生态群落研究[J]. 湖北师范学院学报(自然科学版)，27(1)：31-34.]

Hong W, 2008. Studies on the bryoflora in Huangshi[J]. J Norm Univ (Nat Sci Ed), 28(1): 20-23. [洪文，2008. 黄石地区苔藓植物区系研究[J]. 湖北师范学院学报(自然科学版)，28(1)：20-23.]

HUANG S, LÜ SA, HONG JF, et al., 2016. Study on the floristics of seed plants in Xingdoushan Nature Reserve, Hubei[J]. J Plant Sci, 34(5): 684-694. [黄升，吕世安, 洪建峰，等，2016. 湖北星斗山国家级自然保护区种子植物区系研究[J]. 植物科学学报, 34(5):684-694.]

HU RL, WANG YF, 2005. Moss Flora of China(Vol.7)[M]. Beijing: Science Press. [胡人亮, 王幼芳，2005. 中国苔藓志(第七卷)[M]. 北京：科学出版社.]

HU ZX, XIANG J, FANG YP. et al.，2007. Primary Study on bryoflora resources in Daqishan Mountains Forest Park in Huanggang city of Hubei Province[J]. J Agric Sci, 35(10): 3034-3035. [胡章喜，项俊，方元平，等，2007. 黄冈大崎山森林公园苔藓植物区系研究[J]. 安徽农业科学，35(10): 3034-3035.]

JIA Y, HE S, 2013. Species Catalogue of China, Vol. 1.Plants: Bryophytes[M]. Beijing: Science Press. [贾渝, 何思，2013. 中国生物物种名录（第一卷）植物:苔藓植物[M]. 北京：科学出版社.]

JIANG ZG, 1997. Conservation biology[M]. Zhejiang: Science and Technology Press. [蒋志刚，1997. 保护生物学[M]. 浙江：科学技术出版社.]

LI FX, WANG MZ, JIA Y, 2011. Checklist of the bryophytes on Dalaoling National Forest Park in Yichang, Hubei province, China[J]. Chenia—Contrib to Cryptogamic Biol, 10: 55-62.

LI XJ. 2000. Moss Flora of China, (Vol.3)[M]. Beijing: Science Press. [黎兴江，2000. 中国苔藓志(第三卷)[M]. 北京:科学出版社.]

LI XJ. 2006. Moss Flora of China(Vol.4)[M]. Beijing: Science Press. [黎兴江，2006. 中国苔藓志(第四卷)[M]. 北京：科学出版社.]

LIU JL, CHEN K, WANG JY, et al., 2016. Comparative study on seed plant flora between southern and northern Gaoligong Mountains[J]. J Trop Subtrop Bot, 24(3): 327-332. [刘经伦，陈凯，汪建云，等，2016. 高黎贡山南北段种子植物区系比较研究[J]. 热带亚热带植物学报, 24(3): 327-332.]

LIU SX, TIAN YC, WU JQ, et al., 1999. Studies on the Bryophyta Plants resources in Hubei, China I. Species and distribution of Bryophyta in Shennongjia[J]. J Cent Chin Norm Univ (Nat Sci Ed), 33(3): 114-128. [刘胜祥，田春元，吴金清，等，1999. 湖北省苔藓植物资源的研究 I. 神农架地区苔藓植物的种类和分布[J]. 华中师范大学学报(自然科学版)，33(3): 114-128.]

LIU SX, PENG D, QIN W, 2001. Studies on the bryophyte plants resoucess in Hubei Province: II. The bryophytes flora of Wuhan City[J]. J Central Chin Norm Univ (Nat Sci Ed), 35(3): 326-329. [刘双喜，彭丹，秦伟，等，2001. 湖北省苔藓植物资源研究:Ⅱ.武汉市苔藓植物区系[J]. 华中师范大学学报(自然科学版)，35(3): 326-329.]

MA JG, 2006. The preliminary study on the liverworts of Xingdoushan National Nature Reserve, Hubei Province[D]. Wuhan: Central China Normal University. [马俊改，2006. 湖北星斗山国家级自然保护区苔类植物初步研究[D]. 武汉：华中师范大学.]

MA JG, LIU SX, WANG XQ, 2005. A study on the medicinal bryophytes of Shennongjia National Nature Reserve in Hubei Province[J]. Chin Wild Plant Resour, 24(6): 14-17. [马俊改，刘胜祥，王小琴，2005 神农架国家级自然保护区药用苔藓植物的研究[J]. 中国野生植物资源，24(6): 14-17.]

MÖLS T, VELLAK K, VELLAK A, et al., 2013. Global gradients in moss and vascular plant diversity[J]. Biodivers Conserv, 22(6-7): 1537–1551.

Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. 2011. China National Biodiversity Conservation Strategy and Action Plan (2011–2030)[M]. Beijing: China Environmental Science Press. [中华人民共和国环境保护部 (2011) 中国生物多样性保护战略与行动计划(2011-2030 年)[M]. 北京，中国环境科学出版社.]

PENG D, 2002. Preliminary study on mossflora and moss-societies of Houhe National Nature Reserve, Hubei Province[D]. Wuhan: Central China Normal University. [彭丹，2002. 湖北后河国家级自然保护区藓类植物区系及生态群落的初步研究[D]. 武汉：华中师范大学.]

PHARO EJ, BEATTIE AJ, PRESSEY RL, 2000. Effectiveness of using vascular plants to select reserves for bryophytes and lichens[J]. Biol Conserv, 96(3), 371-378.

QIN HN, YANG Y, DONG SY, et al., 2017. Threatened species list of China's higher plants[J]. Biodivers Sci, 25(7): 696-744. [覃海宁，杨永，董仕勇，等，2017. 中国高等植物受威胁物种名录[J]. 生物多样性，25(7): 696-744.]

TIAN YL, LI JQ, SHI AP, et al., 2013. Species diversity of epiphytic bryophytes in Baihua Mountain National Nature Reserve, Beijing[J] J Ecol. 32(4) : 838-844. [田晔林，李俊清，石爱平，等，2013. 北京百花山自然保护区树附生苔藓植物物种多样性[J]. 生态学杂志，32(4): 838-844.]

TIAN CY, LIU SX, 1998. A preliminary study on the brvoflora of Shennongjia National Nature Reserve in Hubei Province, China[J]. J Cent Chin Norm Univ (Nat Sci Ed), 32(2): 206-209. [田春元，刘胜祥，1998. 神农架国家级自然保护区苔藓植物区系初步研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版)，32(2): 206-209.]

WANG XQ, 2006. Preliminary Study on Moss of Xingdoushan National Nature Reserve, Hubei Province[D]. Wuhan: Central China Normal University. [王小琴，2006. 湖北星斗山国家级自然保护区藓类植物的初步研究[D].武汉：华中师范大学.]

WANG YQ, HUANG GY, WU D, et al., 2017. Biodiversity of Houhe National Nature Reserve in Hubei and its research report on protection status[J]. Heilongjiang Sci Technol Inf, (14): 270. [王业清，黄桂云，吴笛，等，2017. 湖北后河国家级自然保护区的生物多样性及其保护现状调研报告[J]. 黑龙江科技信息，(14): 270.]

WOODWARD FI (1987). Climate and plant distribution.[M] Cam bridge University Press, Cambridge, UK.

WU PC. 2002. Moss Flora of China(Vol.6) [M]. Beijing: Science Press. [吴鹏程，2002. 中国苔藓志(第六卷)[M]. 北京：科学出版社.]

WU PC, JIA Y. 2004. Moss Flora of China(Vol.8)[M]. Beijing: Science Press. [吴鹏程，贾渝，2004. 中国苔藓志(第八卷)[M]. 北京：科学出版社.]

WU PC, JIA Y. 2001. Moss Flora of China(Vol.5)[M].Beijing: Science Press. [吴鹏程，贾渝，2011，中国苔藓志(第五卷). 北京：科学出版社.]

WU YH, CHENG GD, GAO Q, 2003. Bryophyte's ecology functions and its significances in revegetation[J], J Desert Res, 23(3): 215-220. [吴玉环，程国栋，高谦，2003. 苔藓植物的生态功能及在植被恢复与重建中的作用[J]. 中国沙漠，23(3): 215-220.]

WU ZB, LI J, LIU SX. 2003. Studies on the bryophyte resource in Hubei Province: VII. A study on bryophyte communities in *Pinus massoniana* forest in Ma'an Mountain Forest Park of Wuhan City[J]. Hubei For Sci Technol, 8(4): 8-11. [吴展波，李俊，刘胜祥. 2003. 湖北省

苔藓植物资源研究：VII.武汉市马鞍山森林公园马尾松林苔藓植物群落的研究[J]. 湖北林业科技，8(4): 8-11.]

XIANG J, HU ZX, FANG YP, et al., 2006, Study on medicinal bryophytes resources of Daqi Mountains in Huanggang county, Hubei Province, China[J]. Ecol Sci, 25(5): 405-407. [项俊，胡章喜，方元平等，2006. 湖北黄冈大崎山药用苔藓植物调查研究[J]. 生态科学, 25(5): 405-407.]

XIONG YX, 2007. Research on Bryophyte diversity of the intersection converge of Guizhou, Chongqing, Hunan, Hubei. Guizhou,[M] Guiyang: Science and Technology Press. [熊源新，2007. 黔渝湘鄂交界地区苔藓植物物种多样性研究[M]. 贵阳:贵州科技出版社.]

YANG ZP, 2006. Study on bryophyte diversity and flora of S-W Hubei[D]. Guiyang: Guizhou University. [杨志平，2006. 鄂西南苔藓植物物种多样性及区系研究[D]. 贵阳：贵州大学.]

YAO FX, HONG W, 2003. Preliminar investigation and studies on the bryophyte resource in Huangshi[J]. J Hubei Norm Univ (Nat Sci Ed), 23(4): 61-64. [姚发兴，洪文，2003. 黄石地区苔藓植物资源的初步调查和研究[J]. 湖北师范学院学报(自然科学版)，23(4): 61-64.]

YU XJ, LIU XF, HONG L, et al., 2019. Study on the liverwort flora of the Qizimei mountain National Nature Reserve in Hubei Province[J]. J Zhejiang A & F Univ, 36 (1) : 38-46. [余夏君，刘雪飞，洪柳，等，2019. 湖北七姊妹山国家级自然保护区苔类植物区系[J]. 浙江农林大学学报, 36 (1): 38-46.]

YU XJ, LIU XF, HONG L, et al., 2018. A New Checklist of Liverworts in Hubei Province[J]. Hubei Agric Sci, 57(23): 109-117. [余夏君，刘雪飞，洪柳, 等，2018. 湖北苔类植物名录[J]. 湖北农业科学，57(23): 109-117.]

ZHAO Z, XIE Y, LIU JQ, et al., 2011. REE geochemical signatures and sedimentary environments of the Lower Cambrian black rock series southeastern Chongqing and its adjacent areas[J].Sediment Geol Tethyan Geol. 31(2): 49-54. [赵瞻, 谢渊, 刘建清, 等，2011 渝东南下寒武统黑色岩系稀土元素地球化学特征与沉积环境[J]. 沉积与特提斯地质, 31(2):49-54.]

ZHANG YL, ZHANG XM, 1998. Cofficient of similarity: an important parameter in floristic geography[J]. Arid Zone Res, 15(1): 59-63.

ZHANG YM, CAO T, PAN BR. 2002. A quantitative analysis of flora similarity of mountain bryophytes in Xinjiang[J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 22(3): 484-489.[张元明，曹同，潘伯荣，2002. 新疆山地苔藓植物区系相似性的数量分析[J]. 西北植物学报，22(3): 484-489.]

ZHOU SQ, HUANG GZ, 2010. Characteristics of Late Permian intracontinental rift basins and their tectonic significance in southwest Hubei[J]. Resour Environ Eng， 24(2): 130-133.[周世卿，黄桂珍，2010. 鄂西南晚二叠世陆内裂陷盆地特征及大地构造意义[J]. 资源环境与工程，24(2): 130-133.]